



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 197 43 046 C 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 K 7/20**  
// G 01 R 31/34

⑳ Aktenzeichen: 197 43 046.5-52  
㉑ Anmeldetag: 29. 9. 97  
㉒ Offenlegungstag: -  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 29. 4. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

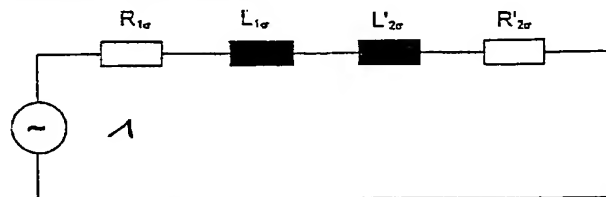
㉕ Erfinder:  
Maier, Reinhard, Dr. Dipl.-Ing., 91074  
Herzogenaurach, DE; Fröhlich, Paul, Dipl.-Ing.,  
92237 Sulzbach-Rosenberg, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	25 49 850 C3
DE-AS	16 13 879
DE	44 31 045 A1
DE	37 06 659 A1
DE	31 11 818 A1
DD	2 59 461 A1
EP	04 14 052 B1
EP	03 32 568 B1

㉗ Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen der Betriebstemperatur von Motoren

㉘ Es wird vorgeschlagen, zwecks sensorloser Erfassung der Motortemperatur während des Betriebes des Motors die Motortemperatur beim Einschalten des Motors zu bestimmen, wozu Strom und Spannung zum Zeitpunkt des Einschaltens des Motors gemessen werden. Durch Ermittlung des Wirkanteils der Motorimpedanz aus den Strom- und Spannungssignalen und Vergleich der Werte bei stehendem Motor und Werten, die bei einer bekannten Temperatur gewonnen wurden, läßt sich die Motortemperatur ermitteln. Die Ermittlung kann analog oder digital erfolgen, wozu in letzterem Fall ein Rechner verwendet wird.



DE 197 43 046 C 1

DE 197 43 046 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erfassen der Betriebstemperatur von Motoren, bei der in einer Lernphase zu definierten Zeitpunkten bei laufendem Motor die Motortemperatur und zugehörige elektrische Parameter als Eichwerte erfaßt werden. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf eine zugehörige Vorrichtung.

Zum Schutz von Motoren werden üblicherweise Überlaststrelais verwendet. Solche Überlaststrelais sind entweder mit Bimetallstreifen oder analogen bzw. digitalen Auswerteschaltungen zur Feststellung des Überlastschalles ausgestattet. Damit wird zwar den durch die einschlägigen Vorschriften gegebenen Anforderungen Genüge getan; allerdings wird der Motor nicht hinreichend genau geschützt. Für eine Ertüchtigung müssen weitere Parameter, insbesondere auch die Betriebstemperatur des Motors erfaßt werden, deren Bestimmung nach den gängigen Methoden vergleichsweise aufwendig ist.

Vom Stand der Technik sind verschiedene Einrichtungen und Schaltungen zur Erfassung der Betriebstemperatur von Motoren bekannt.

Im einzelnen wird in der DE-AS 16 13 879 eine Meßanordnung zur Bestimmung der Wicklungstemperatur bei elektrischen Geräten beschrieben, bei der aus der Widerstandsänderung durch Überlagerung eines Gleichstroms bei den mit Wechselstrom betriebenen Geräten zur Trennung von Gleich- und Wechselstrom ein Wandler benutzt wird, in dessen Eisenkreis sich ein Hall-Generator befindet und der Wechselfluß des Wandlers durch einen weiteren Wandler, der sich im gleichen Stromkreis befindet kompensiert wird. Daneben ist aus der DE 25 49 850 C3 eine thermische Überlastschutzeinrichtung für eine elektrische Maschine bekannt, bei welcher ein der Maschine zugeordnetes Überlaststrelais in der Lage ist, anhand des gemessenen Ständerstroms ein genaues, thermisches Abbild des Motors im Normalbetrieb zu liefern. Weiterhin ist aus der EP 0 332 568 B1 ein Betriebsverfahren und eine zugehörige Steuerschaltung zur Anlaufüberwachung für elektrische Hochspannungsmotoren mit asynchronem Anlauf bekannt, bei dem Läuferdrehzahl und zugehörige Leistung erfaßt werden und bei dem Erwärmungswerte, die den relativen Erwärmungszustand des Motors darstellen, wenn dieser bei unterschiedlichen Drehzahlen und Belastungszuständen betrieben wird, gespeichert sind. Schließlich ist aus der EP 0 414 052 B1 eine Anordnung dieser Art bekannt, bei der dem die elektrische Maschine versorgenden Netz in einer oder mehreren Phasen jeweils eine oder mehrere Meßwechselspannungsquellen in Serie geschaltet werden, so daß zur Netzspannung eine oder mehrere nicht netzfrequente, bekannte Spannungs-komponenten addiert werden. Dadurch wird ein Strom mit diesen Frequenzen durch die Wicklung der Maschine gesteuert, der – mittels Stromwandler gemessen – ein Maß für den Leitwert der Wicklung und somit ein Maß für ihre Temperatur ist.

Über obigen Stand der Technik hinaus ist aus der DE 31 11 818 A1 ein Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung zur Bestimmung der Temperatur eines Asynchronmotors bekannt, bei denen ein die jeweilige Motorresistenz repräsentierender Wert auf der Grundlage der Amplitude der dem Motor aufgetragten Spannung, der Amplitude des Motorstroms, des Phasenwinkels zwischen Spannung und Strom und des aus Oberschwingungen des in den Motorleitungen fließenden Stromes hergeleiteten Nachlaufs abgeleitet wird. Dabei werden in einer Lernphase zu definierten Zeitpunkten bei laufendem Motor die Motortemperatur und zugehörige elektrische Parameter als Eichwerte erfaßt. Durch Anwendung von empirischen Beziehungen soll der

sogenannte äquivalente Resistenzwert in einen entsprechenden Temperaturwert umgewandelt und zur Überwachung des Motors in bezug auf eine unzulässig hohe Erwärmung verwendet werden können.

5 Ausgehend vom vorbeschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein alternatives Verfahren für eine sensorlose Motortemperaturerfassung anzugeben, mit dem insbesondere auch eine einfache Überlastbestimmung von Motoren möglich ist.

10 Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Motortemperatur beim Einschalten des Motors bestimmt wird, wozu Strom und Spannung zum Zeitpunkt des Einschaltens des Motors gemessen werden, und daß die Motortemperatur durch Ermittlung des Wirkanteils der Motorimpedanz und Vergleich der Werte von stehendem Motor und 15 Werten, die bei einer bekannten Temperatur gemessen wurden, bestimmt wird. Vorzugsweise wird der Wirkanteil der Motorimpedanz aus dem durch analoge Multiplikation von Strom und Spannungssignalen gebildeten Leistungssignal ermittelt. Durch Tiefpaßfilterung läßt sich daraus in einfacher Weise der Wirkanteil ermitteln, der zur Bestimmung der Temperatur benötigt wird.

Zur Bestimmung des Wirkanteils der Motorimpedanz können auch Strom- und Spannungsspitzen sowie deren 25 Phasenverschiebung gemessen werden. Wenn die Amplitude der Spannung konstant ist, kann vorteilhafterweise auf deren Messung verzichtet werden.

Neben der analogen Multiplikation der Meßgrößen ist es ebenso gut auch möglich, die Ermittlung der Größen digital vorzunehmen. Dafür kann bei einer erfindungsgemäßen 30 Vorrichtung ein entsprechender Rechner vorgesehen sein.

Mit der Erfindung sind die eingangs dargestellten Probleme in einfachster Weise gelöst, da die Motortemperatur beim Einschalten sensorlos, d. h. ohne Leitungen od. dgl. 35 innerhalb des Motors erfolgen kann. Da die Abhängigkeit des ohmschen Widerstandes, d. h. des Wirkanteils der Impedanz für die beim Motor benutzten Materialien, beispielsweise Aluminium und Kupfer, von der Temperatur bekannt ist, kann durch einmalige Messung des stehenden Motors bei höherer Temperatur ein Eichwert bestimmt werden. 40 Durch Vergleich mit diesen Werten läßt sich dann aus dem Wirkanteil der Motorimpedanz bei laufendem Motor dessen Temperatur bestimmen.

Mit der Erfindung ist es möglich, daß bei Überlastbestimmungen die einzelnen Messungen nach der bekannten Methode, bei der z. B. das Verhalten eines Bimetalls in einem Prozessor nachgebildet wird, zu Beginn des Motorlaufes mit der wahren Motortemperatur korrigiert werden. Auch während des weiteren Motorlaufes kann immer wieder eine Korrektur erfolgen. 50

Aufgrund der Tatsache, daß nunmehr die Temperaturmessung bei noch stehendem Rotor des Motors erfolgt, ergeben sich beträchtliche Vereinfachungen. In diesem Fall ist das Ersatzschaltbild des Motors sehr einfach da der Sekundärkreis kurzgeschlossen ist und damit die Hauptinduktivität und die Eisenverluste nicht mehr mitgemessen werden. 55

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Die einzige Figur zeigt ein Ersatzschaltbild für einen Motor bei stehendem Rotor. 60

In der Figur ist eine Spannungsquelle 1 für eine Wechselspannung  $U$  vorgesehen. Damit wird ein Elektromotor aus Stator und Rotor betrieben, wobei zum Zeitpunkt des Einschaltens des Motors das Ersatzschaltbild einfach ist. Im einzelnen besteht es aus hintereinander geschalteten Widerständen, d. h.  $R = R_1\sigma + R_2\sigma$ , und Induktivitäten, d. h.  $= L_1\sigma + L_2\sigma$ . Dabei bedeuten  $R_1\sigma$  und  $L_1\sigma$  ohm'scher Wider-

stand bzw. Induktivität des Stators und  $R'_2\sigma$  bzw.  $L'_2\sigma$  ohm'scher Widerstand bzw. Induktivität des Rotors, transportiert auf den Stator. Für den eingeschalteten Motor ist damit das Ersatzschaltbild hinreichend beschrieben, während für den Motorbetrieb die transformatorische Ankopplung hinzukommt.

Da die ohmschen Widerstände durch ein lineares Temperaturverhalten beschrieben werden können, genügt eine Eichung bei einer einzigen, gegenüber Raumtemperatur höheren Temperatur. Wenn zum Zeitpunkt des Einschaltens Strom und Spannung gemessen wird, ergibt sich die Möglichkeit, aus der Ermittlung des Wirkanteils der Motorimpedanz durch Vergleich des "Kaltwertes" mit dem "Warmwert" die Motortemperatur zu bestimmen. Es muß dann lediglich der Wirkanteil  $R = R_1\sigma + R'_2\sigma$  bestimmt werden.

Der Wirkanteil R wird in einfacher Weise dadurch ermittelt, daß das vorliegende Strom- und Spannungssignal miteinander multipliziert werden. Dies kann beispielsweise analog erfolgen. Es entsteht somit ein Leistungssignal, das einerseits aus einem Gleichanteil und andererseits aus einem Wechselanteil besteht, wobei der Wechselanteil doppelte Netzfrequenz hat. Aus dem komplexen Leistungssignal erhält man durch Tiefpaßfilterung das Gleichsignal P. Da für den Motor zum Einschaltzeitpunkt  $L_1\sigma + L'_2\sigma$  bekannt ist, läßt sich aus dem Gleichsignal P R ermitteln. Es gilt:

$$R = \frac{\hat{U}^2}{2P} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{4\omega^2 L^2 P^2}{\hat{U}^4}} \right),$$

wobei  $\hat{U}$  = Scheitelwert der Spannung;  $\omega = 2\pi f$  bedeuten.

In einem abgewandelten Verfahren werden der fließende Strom und zugehörige Spannung gemessen und die Phasenverschiebung bestimmt. Wenn die Amplitude der von der Spannungsquelle gelieferten Wechselspannung konstant ist, kann auf deren Messung verzichtet werden. Für R ergibt sich in diesem Fall:

$$R = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} \cos \varphi,$$

wobei  $\hat{U}$ ,  $\hat{I}$  jeweils die Scheitelwerte und  $\varphi$  die Phase bedeuten.

Anstatt der analogen Multiplikationen ist es auch möglich, für die vorstehend im einzelnen abgehandelte Bestimmung des Wirkanteils der Motorimpedanz digitale Rechenmethoden zu verwenden. Dafür ist ein üblicher Rechner geeignet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen der Betriebstemperatur von Motoren, bei dem in einer Lernphase zu definierten Zeitpunkten bei laufendem Motor die Motortemperatur und zugehörige elektrische Parameter als Eichwerte erfaßt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Arbeitsphase die Motortemperatur beim Einschalten des Motors bestimmt wird,
  - wozu Strom und Spannung zum Zeitpunkt des Einschaltens des Motors gemessen werden und
  - die Motortemperatur durch Ermittlung des Wirkanteils (R) der Motorimpedanz und Vergleich der Werte von stehendem Motor und Werten, die bei einer bekannten Temperatur gewonnen wurden, bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß der Wirkanteil (R) der Motorimpedanz aus dem durch analoge Multiplikation von Strom- und Spannungssignalen gebildeten Leistungssignal ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Leistungssignal einerseits aus einem Gleichanteil (P) und andererseits aus einem Wechselanteil doppelter Netzfrequenz besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleichsignal (P) aus dem Leistungssignal durch Tiefpaßfilterung erhalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wirkanteil der Motorimpedanz aus der Beziehung

$$R = \frac{\hat{U}^2}{2P} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{4\omega^2 L^2 P^2}{\hat{U}^4}} \right),$$

bestimmt wird, wobei  $\hat{U}$  den Scheitelwert der Spannung bedeutet und gilt:  $\omega = 2\pi f$

$$L = L_1\sigma + L'_2\sigma.$$

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wirkanteil (R) der Motorimpedanz aus der Beziehung

$$R = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} \cos \varphi,$$

bestimmt wird, wobei  $\hat{U}$ ,  $\hat{I}$  die Scheitelwerte von Strom und Spannung und  $\varphi$  deren Phasenverschiebung bedeuten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsamplitude konstant vorgegeben wird.

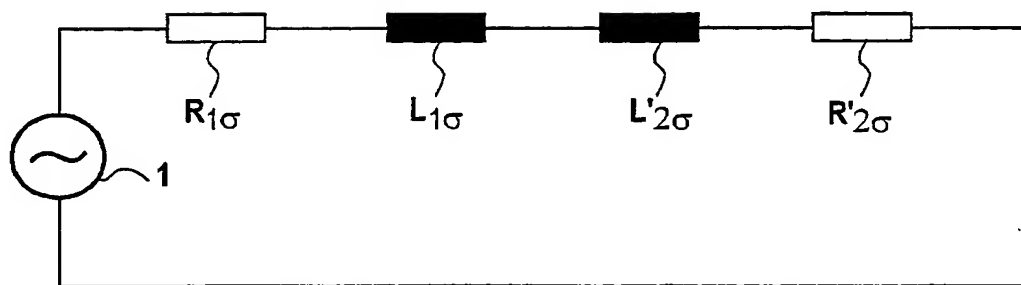
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung des Wirkanteils (R) der Motorimpedanz durch digitale Berechnung erfolgt.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder Anspruch 8, gekennzeichnet durch einen Rechner zur Auswertung und Berechnung des Wirkanteils (R) der Motorimpedanz aus den Strom- und Spannungssignalen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---



## Method for detecting the operating temperature of a motor

Patent Number: US6504358

Publication date: 2003-01-07

Inventor(s): FROELICH PAUL (DE); MAIER REINHARD (DE)

Applicant(s): SIEMENS AG (DE)

Requested Patent: DE19743046

Application Number: US20000537884 20000329

Priority Number(s): DE19971043046 19970929; WO1998DE02800 19980921

IPC Classification: G01R27/00

EC Classification: G01K7/20, G01R31/34B

Equivalents: EP1019741 (WO9917127), WO9917127

## Abstract

In order to detect a motor temperature during operation of a motor without using any sensors, the motor temperature is determined when the motor is switched on by measuring a current and a voltage at the time when the motor is switched on. The motor temperature can be determined by relationships by determining the real element of the motor impedance from the current and voltage signals, and comparing the values when the motor is stationary and values which have been obtained at a known temperature. The determination can be carried out in analog or digital form, with a computer being used in the latter case

Data supplied from the esp@cenet database - 12

ALL INFORMATION CONTAINED  
HEREIN IS UNCLASSIFIED  
DATE 11-22-2009 BY 60322  
UCBAW

DOCKET NO: ZTP01P18004

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: H. W. Klein

**LERNER AND GREENBERG P.A.**

**P.O. BOX 2480**

**HOLLYWOOD, FLORIDA 33022**

**TEL. (954) 925-1100**